PCT WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM Internationales Büro INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

WO 99/62089 (51) Internationale Patentklassifikation 6: (11) Internationale Veröffentlichungsnummer: A1 H01H 59/00 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 2. Dezember 1999 (02.12.99)

(21) Internationales Aktenzeichen:

PCT/DE99/01548

(22) Internationales Anmeldedatum:

26. Mai 1999 (26.05.99)

(30) Prioritätsdaten:

198 23 690.5

27. Mai 1998 (27.05.98)

DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS ELECTROMECHANICAL COMPONENTS GMBH & CO. KG [DE/DE]; Gustav-Heinemann-Ring 212, D-81739 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SCHLAAK, Helmut [DE/DE]; Schwabstedter Weg 30a, D-13503 Berlin (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS ELECTROMECHANI-CAL COMPONENTS GMBH & CO. KG; Epping, Wilhelm, Postfach 22 13 17, D-80503 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: CA, CN, IN, JP, KR, SG, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Veröffentlicht

Mit internationalem Recherchenbericht.

Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.

(54) Title: MICRO-MECHANICAL ELECTROSTATIC RELAY

(54) Bezeichnung: MIKROMECHANISCHES ELEKTROSTATISCHES RELAIS

(57) Abstract

The inventive micro-mechanical electrostatic relay has a base substrate with a base electrode and at least two base contact pieces. and an armature substrate with an etched-out, rib-shaped armature. Said armature is suspended by flexible bands (25, 26) in the area of a central pivot axis (20), in such a way that it can pivot. The armature (21) forms an armature wing (21a, 21b) on each side of the swivel axis (20). The armature wings are each flexible in themselves and in their inoperative state, are bent away from the base substrate. Each of them forms a working air gap with the base substrate, said air gap being wedge-shaped and extending outwards in their inoperative state. When a voltage is applied between an armature electrode and a base electrode (11, 12) located underneath a particular armature wing (21a, 21b), the armature pivots about the pivot axis as the armature wing concerned (21a, 21b) unrolls on the base electrode and closes a corresponding contact.

(57) Zusammenfassung

Das mikromechanische elektrostatische Relais besitzt ein Basissubstrat mit Basiselektrode und mindestens zwei Basiskontaktstücken, außerdem ein Ankersubstrat mit einem freigeätzten, im Bereich einer mittleren Schwenkachse (20) über flexible Bänder (25, 26) schwenkbar aufgehängten rippenförmigen Anker. Der Anker (21) bildet beiderseits der Schwenkachse (20) jeweils einen in sich flex-

iblen, im Ruhezustand von dem Basissubstrat weg gekrümmten Ankerflügel (21a, 21b), von denen jeder mit dem Basissubstrat einen im Ruhezustand keilförmig sich nach außen erweiternden Arbeitsluftspalt bildet. Beim Anlegen einer Spannung zwischen einer Ankerelektrode und einer unter dem jeweiligen Ankerflügel (21a, 21b) angeordneten Basiselektrode (11, 12) wird der Anker um die Schwenkachse geschwenkt, während gleichzeitig der betreffende Ankerflügel (21a, 21b) auf der Basiselektrode abrollt und einen zugehörigen Kontakt schließt.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
ВВ	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	ТJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland		Republik Mazedonien	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungam	ML	Mali	TT	Trinidad und Tobago
ВЈ	Benin	IE	Irland	MN	Mongolei	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MR	Mauretanien	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MW	Malawi	US	Vereinigte Staaten von
CA	Kanada	IT	Italien	MX	Mexiko		Amerika
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CG	Kongo	KE	Kenia	NL	Niederlande	VN	Vietnam
СН	Schweiz	KG	Kirgisistan	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
СМ	Kamerun		Korea	PL	Polen		
CN	China	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
Cυ	Kuba	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
cz	Tschechische Republik	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
DE	Deutschland	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Dänemark	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
EE	Estland	LR	Liberia	SG	Singapur		
4							

1

Beschreibung

20

Mikromechanisches elektrostatisches Relais

5 Die Erfindung betrifft ein mikromechanisches elektrostatisches Relais mit

- einem flachen Basissubstrat, in dessen Oberflächenbereich zwei flächige Basiselektroden in Längsrichtung zueinander versetzt angeordnet sind,
- einem Ankersubstrat mit einem wippenförmigen Anker, der im Bereich einer mittigen Schwenkachse an zwei gegenüberliegenden Seiten über flexible Bänder in dem Ankersubstrat aufgehängt ist und beiderseits der Schwenkachse jeweils einen blattförmigen Ankerflügel bildet, wobei jeder Ankerflügel je einen Anker-Elektrodenabschnitt trägt, der seinerseits je einer der beiden Basiselektroden gegenübersteht, und
 - wobei jeder Ankerflügel weiterhin mindestens einen beweglichen Kontakt trägt, der jeweils mit mindestens einem auf dem Basissubstrat angeordneten Festkontakt zusammenwirkt.

Ein derartiges mikromechanisch hergestelltes Relais mit Umschaltfunktion ist grundsätzlich bereits in der EP 0 520 407 A1 gezeigt. Dort ist der mittig aufgehängte Wippanker als starre Platte ausgeführt. Er hat deshalb insgesamt einen re-25 lativ großen Abstand zwischen den Basiselektroden und der Ankerelektrode, wobei sich der jeweilige Ankerflügel auch in der jeweiligen Ansprech-Schaltstellung nur unter einem spitzen Winkel an die Gegenelektrode anlegt und diese im wesentlichen nur punktförmig bzw. linienförmig berühren kann. Dar-30 aus ergibt sich, daß der elektrostatische Antrieb eine relativ hohe Anspruchspannung erfordert und daß wegen des im Anspruchzustand nur unvollkommen geschlossenen Arbeitsluftspaltes auch keine allzu hohen Kontaktkräfte erzielt werden kön-35 nen.

Aus DE 42 05 029 C1, DE 44 37 261 C1 und DE 44 37 259 C1 sind allerdings auch bereits mikromechanische Relais bekannt, bei denen ein einseitig eingespannter Anker im Ruhezustand einen keilförmigen Luftspalt mit einer Basiselektrode bildet, so daß sich der dortige Anker beim Ansprechen eng an die Basiselektrode anlegt.

Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, ein mikromechanisches elektrostatisches Umschaltrelais mit dem eingangs genannten Aufbau zu schaffen, bei dem mit verhältnismäßig geringer Ansprechspannung hohe Kontaktkräfte erreicht werden, wobei verschiedene Betriebsarten eines Umschalters, wie neutrale, bistabile und monostabile Schaltcharakteristik, auf einfache Weise realisierbar sind.

Erfindungsgemäß wird dieses Ziel bei dem eingangs genannten Aufbau dadurch erreicht, daß die beiden Ankerflügel in sich biegsam ausgebildet und jeweils im Ruhezustand von dem Basissubstrat weg gekrümmt sind, wobei sie jeweils einen keilförmigen Luftspalt mit diesem bilden, dessen engste Stelle in der Nähe der Schwenkachse liegt und der sich zum freien Ende des Ankerflügels hin stetig erweitert.

Bei dem erfindungsgemäßen mikromechanischen Relais ist also der Anker nicht nur über die flexiblen Bänder schwenkbar aufgehängt, sondern er ist auch in sich selbst biegsam und in seiner Grundform mit beiden Flügeln von der jeweiligen Basiselektrode weg gekrümmt, so daß bereits im Ruhezustand jeder Ankerflügel mit der Basiselektrode einen keilförmigen Luftspalt bildet. Zur Bildung dieses keilförmigen Luftspaltes ist der Anker im Bereich der Schwenkachse mit nur geringem Abstand zur Ebene der Basiselektroden angeordnet, so daß beim Anlegen einer Spannung bereits zu Beginn der Ansprechphase ein Bereich des Ankers einen kleinen Elektrodenabstand aufweist; dadurch erreicht man ein schnelles Ansprechen des Ankers und einen Abrollvorgang, der sich von der engsten Stelle des keilförmigen Luftspaltes bis zum freien Ende des Ankers

3

hin (nach dem Wanderkeilprinzip) fortsetzt und dabei eine verhältnismäßig große Kontaktkraft aufbaut. Soweit in der inneren Spitze des keilförmigen Luftspaltes, also im Bereich der Schwenkachse des Ankers, fertigungsbedingt ein nennenswerter Abstand zwischen dem Anker und der Ebene der Basiselektroden besteht, kann dieser beim Ansprechen auf annähernd Null verringert werden, wenn die flexiblen Bänder der Ankeraufhängung nicht nur eine Torsion, sondern auch eine Durchbiegung senkrecht zur Oberfläche des Basissubstrats ermöglichen.

10

35

Durch die Krümmung des Ankers und durch die flexible Aufhängung ergibt sich beim Ansprechen des Relais sowohl eine Schwenkbewegung um die Schwenkachse als auch eine Abrollbewegung des schaltenden Ankerflügels, welcher aus seiner vorge-15 krummten Form in eine gestreckte Form übergeht, so daß er zum Schluß der Ankerbewegung flach auf der geraden Elektrode des Basissubstrats aufliegt. Bei dieser Anzugsbewegung entfernt sich also aufgrund der Schwenkbewegung der spannungslose Ankerflügel zusätzlich vom Basissubstrat weg. Dies hat den 20 weiteren Vorteil, daß nach dem Anziehen eines Ankerflügels der gegenüberliegende Ankerflügel nicht durch Anlegen der normalen Ansprechspannung ebenfalls angezogen werden kann, so daß auf diese Weise eine Sicherheitsfunktion gegeben ist. Generell ist die vorgegebene Krümmung des Ankers im Bereich der 25 Schwenkachse am stärksten, und sie wird zum jeweiligen freien Ende der Ankerflügel hin geringer. Im Extremfall besitzt der Anker im Bereich der Schwenkachse annähernd einen scharfen Knick, so daß er ein annähernd V-förmiges Profil im Längsschnitt aufweist. 30

In weiterer Ausgestaltung sind die Kontaktbereiche des Ankers mit den beweglichen Kontakten vorzugsweise so gestaltet, daß sie über im Querschnitt verminderte Verbindungsstege elastisch angebunden sind und zum Aufbau der Kontaktkraft elastisch aus der Ankerebene heraus bewegbar sind.

4

Die auf dem Anker befindlichen beweglichen Kontakte können als Einzelkontakte jeweils mit einer Zuleitung versehen sein oder als gemeinsamer Mittelkontakt eine gemeinsame Zuleitung besitzen; die Stromzuführungen werden dabei auf übliche Weise in Form von Leiterbahnen über eines oder beide flexiblen Bänder geführt. Daneben ist es aber auch möglich, die beweglichen Kontakte auf den beiden Ankerflügeln als Brückenkontakte auszuführen. In diesem Fall benötigen sie keine eigene Zuleitung, sondern sie überbrücken jeweils zwei feststehende Kontakte auf dem Basissubstrat.

In einer vorteilhaften Weiterbildung kann weiterhin vorgesehen werden, daß durch zusätzliche Elektretschichten auf den Basiselektroden oder auch auf den Ankerelektroden eine monostabile bzw. bistabile Schaltcharakteristik erzeugt wird.

10

15

30

35

Die Erfindung wird nachfolgend an Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigt

Figur 1 in perspektivischer, schematischer Darstellung die

20 Anordnung eines Ankersubstrats mit einem erfindungsgemäß gestalteten Anker über einem Basissubstrat,

Figur 2 ein ähnlich Figur 1 aufgebautes Relais in einer Schnittansicht,

Figur 3 eine Draufsicht auf das Relais von Figur 2,

25 Figur 4 eine gegenüber Figur 3 etwas abgewandelte Ausführungsform eines Relais in Draufsicht,

Figur 5 eine Seitenansicht auf einen Anker gemäß Figur 2 in betätigtem Zustand,

Figur 6 eine Ausführungsform gemäß Figur 2 mit zusätzlichen Elektretschichten,

Figur 7a bis 7d die schematische Darstellung eines Schaltablaufs des Relais in vier Phasen und

Figur 8 ein Zeitdiagramm für den Schaltablauf gemäß Figur 7a bis 7d.

Das in den Figuren 1 bis 3 schematisch in verschiedenen Ansichten gezeigte Relais besitzt ein Basissubstrat 1, vorzugs-

5

weise aus Silizium bestehend, auf welchem ein Ankersubstrat 2, ebenfalls vorzugsweise aus Silizium hergestellt, angeordnet und, beispielsweise durch anodisches Bonden, befestigt ist. Das Basissubstrat besitzt in seinem Oberflächenbereich zwei flächige, gegeneinander in Längsrichtung versetzt angeordnete Basiselektroden 11 und 12, die in üblicher Weise als metallische Schichten erzeugt sind. Sie besitzen Steuerleitungen 11a bzw. 12a, die in Figur 1 schematisch als Leiterbahnen angedeutet sind. Außerdem sind auf dem Basissubstrat im vorliegenden Beispiel zwei Festkontakte 13 und 14 angeordnet, die ebenfalls Zuleitungen 13a bzw. 14a in Form von Leiterbahnen besitzen. Die spezielle Konfiguration der einzelnen Leiterbahnen ist im Einzelfall je nach den Gegebenheiten zu wählen; außerdem sind gegebenenfalls notwendige Isolierschichten nicht gezeigt. Dazu sind in Figur 1 weitere Leiterbahnen 15 und 16 angedeutet, welche beispielsweise als Zuleitungen zum beweglichen Anker fungieren.

Das Ankersubstrat 2, welches in Figur 1 lediglich schematisch als Rahmen und in den Figuren 2 und 3 ebenfalls stark vereinfacht dargestellt ist, besteht wie das Basissubstrat vorzugsweise aus Silizium. Aus diesem Ankersubstrat ist ein blattförmiger Anker 21 so herausgearbeitet, daß er lediglich entlang einer Schwenkachse 20 über zwei mäanderförmige Federbänder 25 und 26 aufgehängt ist. Diese Federbänder 25 und 26 ermöglichen nicht nur eine Torsion um die Schwenkachse 20, sondern auch eine Durchbiegung nach unten, so daß sich der Anker 21 im Bereich der Schwenkachse an das Basissubstrat 1 annähern kann.

30

35

20

25

5

10

Der Anker 21 bildet zwei Ankerflügel 21a und 21b beiderseits der Schwenkachse 20. Dabei sind die Ankerflügel 21a und 21b jeweils von dem Basissubstrat 1 weg nach oben gekrümmt, so daß jeder der beiden Ankerflügel jeweils mit dem Basissubstrat im Ruhezustand einen keilförmigen Luftspalt bildet, der sich vom Bereich der Schwenkachse ausgehend zu den freien Enden hin stetig erweitert. Diese Krümmung kann durch eine

6

gezielte Dotierung und damit erzeugte Zugspannung in einzelnen Schichten des Ankersubstrats hervorgerufen werden, wie dies beispielsweise grundsätzlich in der DE 42 05 029 Cl erwähnt ist. Die Krümmung wird, wie in Figur 2 angedeutet, im Bereich der Schwenkachse 20 auf einem kleinen Radius R1 eingestellt, der im Idealfall annähernd ein Knick sein könnte, was aber von der Fertigungstechnik her nicht ganz möglich ist, während zu den freien Enden des Ankers hin die Krümmung abnimmt, was in Figur 2 mit einem großen Radius R2 schematisch angedeutet ist; in Wirklichkeit handelt es sich natürlich nicht um eine Kreiskurve, sondern um eine flacher werdende Kurve, die zum Ende des Ankers hin in eine Gerade auslaufen könnte. Die Größenverhältnisse sind im übrigen übertrieben dargestellt. In einer typischen Ausführung hat der Anker eine Länge in der Größenordnung von 2 mm und eine Breite in der Größenordnung von 1 mm. Die Dicke des Ankers beträgt dann z.B. 5-10 µm, während der Kontaktabstand in Ruhe etwa al=10 um betragen kann.

5

10

15

Der Anker 21 trägt im Bereich seiner Unterseite eine Anker-20 elektrode 22. Diese erstreckt sich in dem Beispiel über die gesamte Unterseite des Ankers. Für bestimmte Anwendungsfälle, zum Beispiel zur Ansteuerung beider Ankerflügel von getrennten Stromkreisen, könnten auch an der Unterseite der Ankerflügel voneinander isolierte Elektrodenabschnitte 22a bzw. 25 22b vorgesehen werden. An den unterseitigen Enden der Ankerflügel 21a und 21b sind außerdem bewegliche Kontakte 23 und 24 angeordnet, die mit den Festkontakten 13 bzw. 14 des Basissubstrats zusammenarbeiten. Die beweglichen Kontakte 23 und 24 befinden sich an der Unterseite von Kontaktbereichen 30 27, welche durch Einschnitte 28 teilweise von dem eigentlichen Ankerflügel abgetrennt sind, so daß sie nur über schmale Stege 29 an diese angebunden sind. Dies bewirkt, daß sie mit größerer Elastizität als der eigentliche Anker beim Schließen des jeweiligen Kontaktes aus der Ankerebene heraus bewegbar 35 sind und so die gewünschte Kontaktkraft aufbauen, während die davon getrennte Ankerelektrode in den davon abgetrennten Um-

7

gebungsbereichen flach auf der Basiselektrode aufliegt, wie dies in Figur 5 gezeigt ist.

Aus dieser Figur 5, die den Schließzustand des Ankerflügels 21b zeigt, ist auch zu ersehen, daß aufgrund der Schwenkbewe-5 gung des Ankers der linke Ankerflügel 21a sich zusätzlich weiter von der Basiselektrode abhebt, so daß der Kontaktabstand a2 zwischen den Kontakten 13 und 23 größer ist als der Kontaktabstand al im Ruhezustand des Relais gemäß Figur 2. Daraus ergibt sich auch eine zusätzliche Sicherheit gegen 10 Fehlschaltung. Das bedeutet, daß nach dem Anziehen eines Ankerflügels, in diesem Fall des Ankerflügels 21b, eine Ansteuerung des zweiten Ankerflügels 21a mit der gleichen Ansprechspannung diesen Ankerflügel mit seinen Kontakten 13 und 23 nicht gleichzeitig schließen kann. Hierzu wäre in einem 15 typischen Fall etwa die dreifache Ansprechspannung erforderlich.

Die Funktion eines derartigen Relais wurde anhand eines Bei20 spiels durchgerechnet, bei dem die Kontaktabstände kl bzw. k2
der beiden Ankerflügel im Ruhezustand 42 µm betrugen. Simuliert wurde dabei eine über Torsionsfedern gelagerte Siliziumwippe mit einer Dicke von 10 µm, einer Länge von 2 x 1300
µm und einer Breite von 1000 µm, welche im mittleren Bereich
25 viermal so stark durch innere Spannungen gekrümmt ist wie im
restlichen Bereich der beiden Flügel. An den Enden haben die
beiden Flügel also einen Abstand von 42 µm von der Basis.
Entsprechend diesem relativ hohen Kontaktabstand waren auch
verhältnismäßig hohe Ansprechspannungen erforderlich.

30

35

Dabei ergaben sich die folgenden Ergebnisse, die in den Figuren 7a bis 7d in einer schematischen Darstellung der einzelnen Phasen des Schaltablaufs und in Figur 8 als zugehöriges Zeitdiagramm dargestellt sind. In den Figuren 7a bis 7d ist jeweils schematisch der Anker 21 mit den Ankerflügeln 21a und 21b über den beiden Basiselektroden 11 und 12 dargestellt. Ull bedeutet jeweils die Spannung zwischen dem Ankerflügel

8

21a und der Basiselektrode 11, U12 die Spannung zwischen dem Ankerflügel 21b und der Basiselektrode 12; k1 ist der Kontaktabstand des Ankerflügels 21a, k2 der Kontaktabstand des Ankerflügels 21b von der jeweiligen Basiselektrode. In Figur 8 ist über der Zeit der Verlauf der Spannungen U11 und U12 sowie der Kontaktabstände k1 und k2 gezeigt.

Als erste Phase zeigt Figur 7a den Ruhezustand mit U11=U12=0. Wie erwähnt, beträgt in diesem Fall der Ruhe-Kontaktabstand beider Ankerflügel k1=k2=42 µm. Vom Zeitpunkt T1 (Figur 8) wird die Spannung U11 eingeschaltet; dabei neigt sich die Wippe leicht zur Basiselektrode 11, so daß der Kontaktabstand k1 auf etwa 36 µm sinkt und der Kontaktabstand k2 auf etwa 46 µm steigt (Figur 8). Ansonsten bleibt der Ruhezustand erhalten, bis U11 den Ansprechwert U11an=64 V erreicht. Bei diesem Zeitpunkt T2 schließt der Ankerflügel 21a, d.h. der Kontaktabstand k1 wird zu 0. Gleichzeitig wird über die Wippe der andere Ankerflügel 21b weiter angehoben, so daß sein Kontaktabstand k2 auf 65 µm ansteigt (siehe Figur 7b).

20

15

10

Eine weitere Erhöhung von U11 bis auf 100 V ändert nichts an dem Schaltzustand. Auch das Einschalten von U12 zwischen dem Ankerflügel 21b und der Basiselektrode 12 bei gleichzeitiger Beibehaltung von U11=100 V ändert zunächst nichts an dem Schaltzustand. Erst bei U12=190 V schließt auch der Kontakt am Ankerflügel 21b, wie in Figur 7c gezeigt ist. Dieses gleichzeitige Einschalten von U11 und U12 entspricht einer nicht erwünschten Fehlbedienung des Relais. Da aber der Wert U12an=190 V etwa der Bedingung U12an=3 x U11an entspricht, hat ein Wechslerrelais mit dem erfindungsgemäßen Aufbau eine genügend hohe Sicherheit gegen Fehlschaltungen.

Wird vom Zeitpunkt T4 an die Spannung U11 abgesenkt, so bleibt der Schaltzustand gemäß Figur 7c zunächst erhalten, 35 bis U11 den Abfall-Spannungswert von U11ab=17 V erreicht hat (Zeitpunkt T5 in Figur 8). Zu diesem Zeitpunkt fällt der

9

Ankerflügel 21a ab, kl steigt auf den Wert von 65 µm gemäß Figur 7d. Der Kontakt am Ankerflügel 21b bleibt geschlossen.

Dieses Rechenbeispiel dient dem Nachweis des Funktionsprinzips. Die Ergebnisse gelten entsprechend auch für kleinere Kontaktabstände in der Größenordnung von 10 µm, wobei dann auch kleinere Ansprechspannungen im Bereich von 10 bis 20 V genügen.

Die Stromzuführung für die beweglichen Kontakte 23 und 24 (in Figur 5), die zweckmäßigerweise als Mittelkontakt miteinander verbunden sind, erfolgt über eine nicht dargestellte Leiterbahn über die Unterseite des Federbandes 25 und die Leiterbahn 15 auf dem Basissubstrat, während die Ansteuerung der Ankerelektrode 22 über eine ebenfalls nicht dargestellte Leiterbahn auf der Unterseite des Federbandes 26 zu der Leiterbahn 16 des Basissubstrates erfolgt. Sind mehrere Zuleitungen, etwa zu mehreren Kontakten, erforderlich, müßten über die Federbänder Leiterbahnen in verschiedenen Schichten geführt werden.

Um eine Laststromzuleitung über die Federbänder überhaupt zu vermeiden, ist es auch möglich, die beweglichen Kontakte als Brückenkontakte auszuführen. Eine derartige Ausgestaltung ist in Figur 4 schematisch gezeigt. Dort sind auf dem linken Ankerflügel 21a zwei bewegliche Kontakte 33a und 33b über eine Berücke 33 verbunden, ebenso zwei bewegliche Kontakte 34a und 34b auf dem Ankerflügel 21b über eine Brücke 34. Beim Schalten kann so jeweils eine Kontaktbrücke 33 oder 34 zwei nicht dargestellte feststehende Kontakte auf dem Basissubstrat miteinander verbinden.

25

30

In Figur 6 ist eine Weiterbildung schematisch angedeutet, bei der über den Ankerelektroden 11 und 12 jeweils Elektrete 41 und 42 vorgesehen sind, die mit ihren Ladungen eine Vorspannung und damit eine bestimmte monostabile oder bistabile Schaltcharakteristik des Relais erzielen können. In dem ge-

10

zeigten Beispiel sind die Elektretschichten auf dem Basissubstrat über den feststehenden Elektroden angeordnet. Grundsätzlich wäre es natürlich auch möglich, entsprechende Elektretschichten wahlweise oder zusätzlich auf dem Anker anzubringen.

Je nach Art und Höhe der Ladungen in den Elektretschichten 41 und 42 lassen sich unterschiedliche Betriebsarten des Relais erzielen, wie sie in den folgenden Tabellen zusammengestellt sind.

Neutrales Relais (ohne Elektret-Ladungen):

Elektrode 11	Elektret 41 U41	Elektrode 12 U12	Elektret 42 U42	Kontakt 13/23	Kontakt 14/24
0	0	0	0	offen	offen
Uan0	0	0	0	geschlossen	offen
0	0	Uan0	0	offen	geschlossen

Monostabiles Relais:

Elektrode 11	Elektret 41	Elektrode 12	Elektret 42 U42	Kontakt 13/23	Kontakt 14/24
0	U1	0	0	geschlossen (Ruhezustand)	offen
0	U1	Uan1	_0	offen	geschlossen

Bistabiles Relais:

20

5

10

Elektrode 11	Elektret 41 U41	Elektrode 12	Elektret 42 U42	Kontakt 13/23	Kontakt 14/24
0	υ0	0	υο	geschlossen	offen oder
0	<u>u</u> 0	Uan2	υ0	oder offen offen	geschlossen geschlossen
Uan2	υo	0	vo	geschlossen	offen

11

In den Tabellen bedeuten jeweils Ull die Gesamtspannung zwischen der Basiselektrode 11 und der Ankerelektrode 22, und Ul2 die Gesamt-Steuerspannung zwischen der Basiselektrode 12 und der Ankerelektrode 22. Darin eingeschlossen ist jeweils die Elektretspannung U41 des Elektreten 41 bzw. U42 des Elektreten 42. Die von außen anzulegende Steuerspannung ist deshalb geringer als Ul1 bzw. U12, nämlich Ul1-U41 bzw. U12-U42.

Ansonsten bedeutet:

10

20

Uan: Ansprechspannung allgemein

Uan0: Ansprechspannung des neutralen Relais

Urück: die Rückfallspannung allgemein, also diejenige

Spannung, bei der der Anker nicht mehr gehalten

wird und in die Ruhestellung zurückkehrt,

Urück0: die Rückfallspannung beim neutralen Relais.

Die äquivalenten Elektretspannungen U1 beim monostabilen Relais und U0 beim bistabilen Relais entsprechen etwa folgenden Werten:

U1 > Uan0
Uan1 > U1 und
Urück0 < U0 < Uan0.

Wie eingangs bereits erwähnt, können die Substrate mit bekannten Beschichtungs- und Ätzmethoden bearbeitet werden.
Insbesondere kann der Anker 21 aus dem Ankersubstrat 2 mit
bekannten Methoden gewonnen werden. Vorzugsweise wird der Anker durch eine dotierte Siliziumschicht in dem Ankersubstrat
2 gebildet, die dann durch rückseitiges anisotropes Ätzen des
Siliziumwafers mit elektrochemischem Ätzstop freigelegt wird.
Daneben sind aber auch andere Methoden anwendbar.
Die in Figur 1 gezeigte Gestaltung des Kontaktbereiches 27
mit dem beweglichen Kontaktstück 23 bzw. 24 kann ebenfalls
abgewandelt werden. Insbesondere sind dabei Gestaltungen eines Kontaktbereiches mit spiralfederartigen oder sonnenradar-

12

tigen Aufhängungen möglich, wie dies in der DE 44 37 259 Cl beschrieben ist.

Patentansprüche

10

- 1. Mikromechanisches elektrostatisches Relais mit
- einem flachen Basissubstrat (1), in dessen Oberflächenbereich zwei flächige Basiselektroden (11,12) in Längsrichtung zueinander versetzt angeordnet sind,

- einem Ankersubstrat (2) mit einem wippenförmigen Anker

- (21), der im Bereich einer mittigen Schwenkachse (20) an zwei gegenüberliegenden Seiten über flexible Bänder (25,26) in dem Ankersubstrat (2) aufgehängt ist und beiderseits der Schwenkachse jeweils einen blattförmigen Ankerflügel (21a,21b) bildet, wobei jeder Ankerflügel einen Anker-
 - (21a,21b) bildet, wobei jeder Ankerflugel einen Anker-Elektrodenabschnitt (22a,22b) trägt, der seinerseits je einer der beiden Basiselektroden (11,12) gegenübersteht,
- wobei ferner jeder Ankerflügel (21a,21b) mindestens einen beweglichen Kontakt (23,24;33a,33b,34a,34b) trägt, der jeweils mit mindestens einem auf dem Basissubstrat (1) angeordneten Festkontakt (13,14) zusammenwirkt,
- dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Ankerflügel (21a,21b) in sich biegsam ausgebildet und jeweils im Ruhezustand von dem Basissubstrat (1) weg gekrümmt sind, wobei sie jeweils einen keilförmigen Luftspalt mit diesem bilden, dessen engste Stelle in der Nähe der Schwenkachse (20) liegt und der sich zum freien Ende des Ankerflügels (21a,21b) hin stetig erweitert.
 - 2. Relais nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß die flexiblen Bänder (25,26) zur Ankeraufhängung sowohl eine Torsion 30 als auch eine Durchbiegung senkrecht zur Oberfläche des Basissubstrats (1) ermöglichen.

- 3. Relais nach Anspruch 1 oder 2,
- dadurch gekennzeichnet, daß die flexi-35 blen Bänder (25,26) zur Aufhängung des Ankers (21) mäanderförmig gestaltet sind.

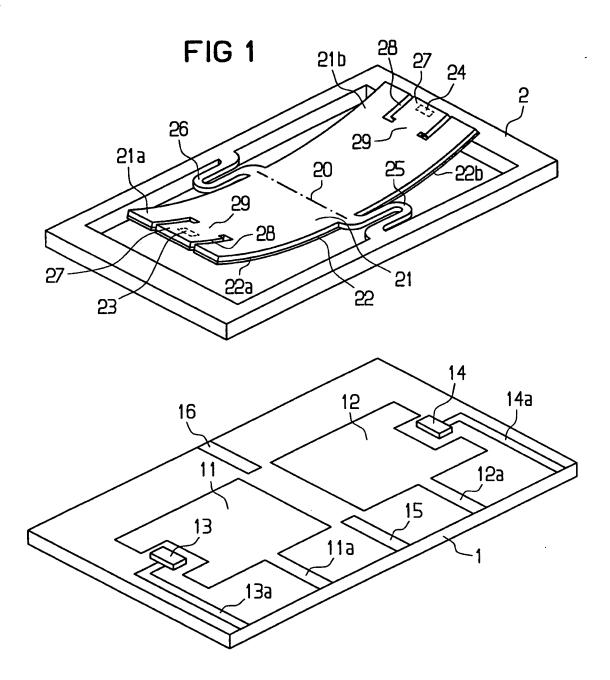
- Relais nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der Anker (21) im Bereich der Schwenkachse (20) einen kleinen Krümmungsradius (R1) und in den zu den freien Enden der Ankerflügel (21a,21b) sich erstreckenden Bereich einen großen Krümmungsradius (R2) aufweist.
- 5. Relais nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß beide

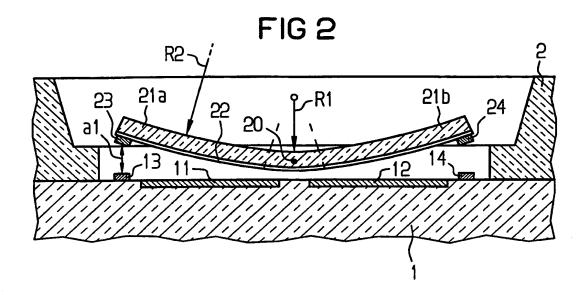
 10 Ankerflügel (21a, 21b) zusammenhängende Abschnitte (22a,22b)
 einer gemeinsamen Ankerelektrode (22) tragen, die einen als
 Leiterbahn über mindestens eines der flexiblen Bänder (26)
 geführten Steueranschluß (16) besitzt.
- 15 6. Relais nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß zwei auf
 je einem Ankerflügel (21a,21b) angeordnete bewegliche Kontakte (23,24) einen gemeinsamen Laststromanschluß (15) besitzen,
 der in Form einer Leiterbahn über eines der flexiblen Bänder
 20 (25) geführt ist.
- 7. Relais nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß jeder
 Ankerflügel (21a,21b) eine bewegliche Brückenkontaktanordnung
 (33,34) ohne eigenen Anschluß aufweist, welche mit einem Paar
 feststehender Kontakte zusammenwirkt.
- 8. Relais nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß jeder be30 wegliche Kontakt (23,24) in einem Kontaktabschnitt (27) angeordnet ist, der über Verbindungsstege (29) geringen Querschnitts elastisch aus der Hauptebene des jeweiligen Ankerflügels (21a,21b) heraus bewegbar ist.
- 9. Relais nach einem der Ansprüche 1 bis 8, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß zumindest in einem der keilförmigen Arbeitsluftspalte eine Elektret-

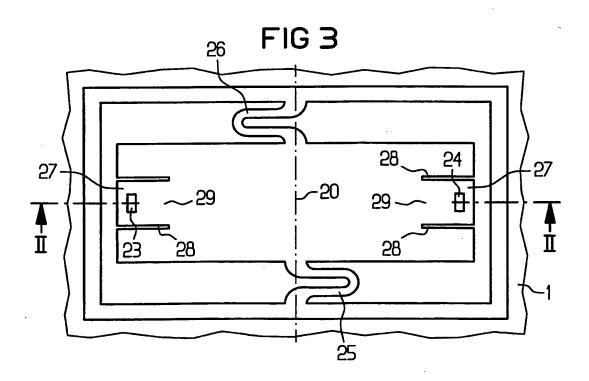
15

schicht (41,42) auf der Basiselektrode (11,12) oder auf dem Ankerelektrodenabschnitt (22a,22b) angeordnet ist.

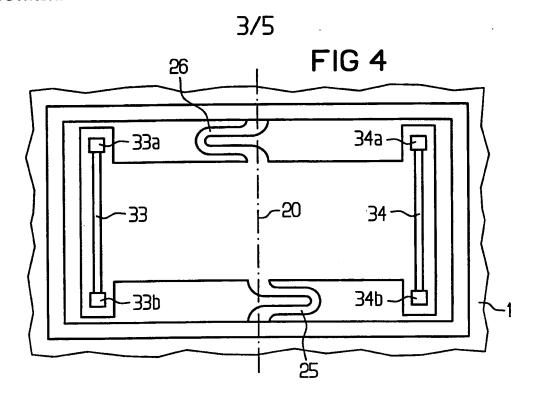
- 10. Relais nach Anspruch 9,
- dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzielung einer monostabilen Schaltcharakteristik im Bereich eines
 ersten Arbeitsluftspaltes (11,21a) eine Elektretschicht (41)
 angeordnet ist und daß zwischen den Elektroden (12,22) des
 zweiten Arbeitsluftspaltes (12,21b) eine Steuerspannung
 (Uan1) anlegbar ist, die wesentlich größer ist als die Elektretspannung (U1).
 - 11. Relais nach Anspruch 9,
- dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzielung einer bistabilen Schaltcharakteristik im Bereich beider
 Arbeitsluftspalte (11,,21a;12,21b) jeweils eine Elektretschicht (41,42) angeordnet ist und daß zwischen den Elektroden beider Arbeitsluftspalte wahlweise eine Steuerspannung
 (Uan2) anlegbar ist, die wesentlich größer ist als die Elektretspannung (UO).

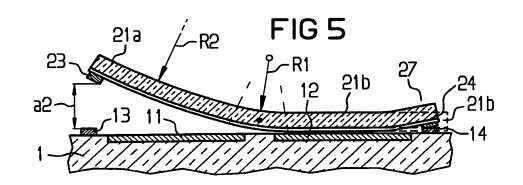


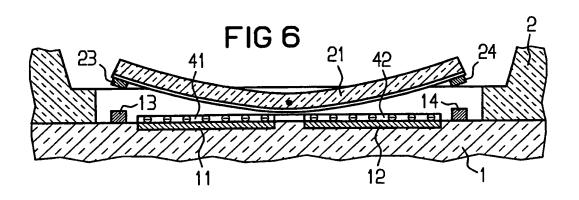


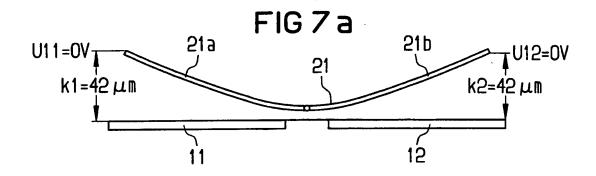


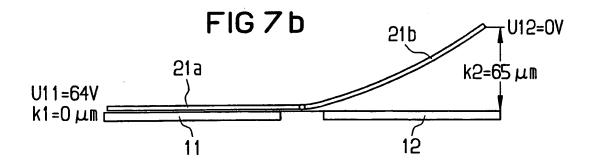
PCT/DE99/01548

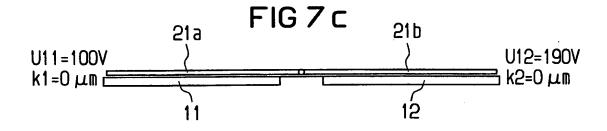


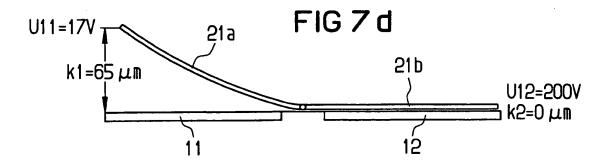


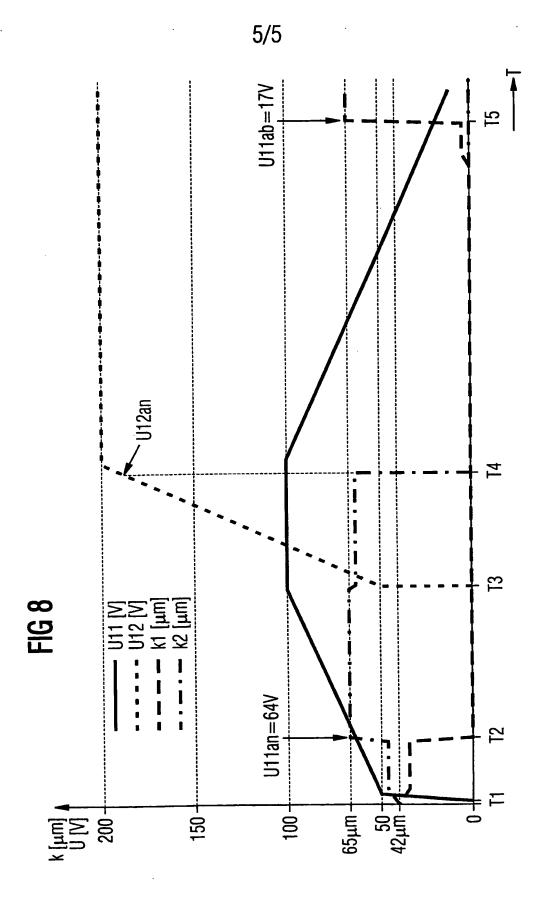












INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter onal Application No PC1/DE 99/01548

A. CLASSI IPC 6	FICATION OF SUBJECT MATTER H01H59/00	·	
According to	o International Patent Classification (IPC) or to both national classifica	ation and IPC	
	SEARCHED		
Minimum do	cumentation searcned (classification system followed by classification H01H	on symbols)	
		•	
Documenta	tion searched other than minimum documentation to the extent that su	uch documents are included in the fields se	arched
Electronic d	ata base consulted during the international search (name of data bas	se and. where practical, search terms used)
		•	
C. DOCUM	ENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category '	Citation of document, with indication, where appropriate of the rele	evant passages	Relevant to claim No.
Α	SAKATA M: "AN ELECTROSTATIC MICR FOR ELECTRO-MECHANICAL RELAY"		1-11
	PROCEEDINGS IEEE MICRO ELECTRO ME SYSTEMS,1 January 1989 (1989-01-0 149-151, XP002070337	11), pages	
A	DE 44 37 261 C (SIEMENS AG) 19 October 1995 (1995-10-19)		1-11
	cited in the application column 2, line 4 - line 26; figur	e 1	
	-	·/	
		Y Patent family members are listed	in annov
	her documents are listed in the continuation of box C.	X Patent family members are used	ur airiex.
		"T" later document published after the inte or priority date and not in conflict with	the application but
consid	ent defining the general state of the art which is not level to be of particular relevance	cited to understand the principle or the invention	
filing o		"X" document of particular relevance; the c cannot be considered novel or cannot involve an inventive step when the do-	be considered to
which		"Y" document of particular relevance; the c cannot be considered to involve an inv	laimed invention
	ent referring to an oral disclosure, use, exhibition or means	document is combined with one or mo ments, such combination being obvious	
"P" docume	ent published prior to the international filing date but han the priority date claimed	in the art. "&" document member of the same patent	family
Date of the	actual completion of the international search	Date of mailing of the international sea	rch report
2	1 September 1999	28/09/1999	
Name and	mailing address of the ISA European Patent Office. P.B. 5818 Patentlaan 2	Authorized officer	
	NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040. Tx. 31 651 epo nl. Fax: (+31–70) 340–3016	Ramírez Fueyo, M	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter onal Application No
PCI/DE 99/01548

		101/02 33/01340			
C.(Continu	ation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT	Relevant to claim No.			
Category '	Citation of document, with indication where appropriate, of the relevant passages	Ligidagii to oldiii 140.			
A	SCHUELLER O J A ET AL: "FABRICATION OF GLASSY CARBON MICROSTRUCTURES BY PYROLYSIS OF MICROFABIRICATED POLYMERIC PRECURSORS" ADVANCED MATERIALS, vol. 9, no. 6, 1 May 1997 (1997-05-01), pages 477-480, XP002065239 ISSN: 0935-9648 figures 3,4D	2,3			
A	EP 0 520 407 A (MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD; LEWINER JACQUES (FR); PERINO DIDER) 30 December 1992 (1992-12-30) cited in the application the whole document	9			

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

.iformation on patent family members

PCT/DE 99/01548

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
DE 4437261	С	19-10-1995	DE EP JP US	59501491 D 0713235 A 8255546 A 5629565 A	02-04-1998 22-05-1996 01-10-1996 13-05-1997
EP 0520407	A	30-12-1992	JP JP JP JP CA DE DE US	5002974 A 2761123 B 5002975 A 5002977 A 5002978 A 2072199 A,C 69212726 D 69212726 T 5278368 A	08-01-1993 04-06-1998 08-01-1993 08-01-1993 08-01-1993 25-12-1992 19-09-1996 12-12-1996 11-01-1994

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intente ionales Aktenzeichen
PCI/DE 99/01548

A 141 A 2015	IZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
A. KLASSIF IPK 6	H01H59/00		
_			
·		division and dog 101/	
Nach der Inte	ernationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassi	tikation und der IPK	
	CHIERTE GEBIETE	1	
Recherchiert IPK 6	er Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole H01H	,	
IIKO	(101)		
		eit diese unter die recherchierten Gehlete	allen
Recherchier	e aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, sow	ell diese fluter die recherchierten Gestere	
Während de	r internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Na	me der Datenbank und evti. verwendete S	uchbegriffe)
C. ALS WE	SENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe	der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	SAKATA M: "AN ELECTROSTATIC MICRO	DACTUATOR	1-11
, · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	FOR FLECTRO-MECHANICAL RELAY"		
1	PROCEEDINGS IEEE MICRO ELECTRO MEC	HANICAL	
	SYSTEMS, 1. Januar 1989 (1989-01-01	L),	
	Seiten 149-151, XP002070337		
	DE 44 37 261 C (SIEMENS AG)		1-11
Α	19. Oktober 1995 (1995–10–19)		
	in der Anmeldung erwähnt		
	Spalte 2, Zeile 4 - Zeile 26; Abb	ildung 1	
		/	
	•		
1			
LV Wei	tere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu	X Siehe Anhang Patentfamilie	
entr	nehmen		internationalon Anmeldedatum
² Besonder	6 Karadonen zon guidedenenen zeronenmen anden	T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem oder dem Prioritätsdatum veröffentlich	t worden ist und mit der
aber:	entlichung, die den allgemeinen Stand-der Technik definiert. nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist	Anmeldung nicht kollidiert, sondern nu Erfindung zugrundeliegenden Prinzips	oder der ihr zugrundeliegenden
"E" älteres	Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen ildedatum veröffentlicht worden ist	Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bede	utung; die beanspruchte Erfindung
4 4 1/00000	attichung die geeignet ist einen Prioritätsanspruch zweifelhaft er-	kann allein aufgrund dieser Veröffentli erfinderischer Tätigkeit beruhend betra	chung nicht als neu oder auf
i ander	nen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer ren im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden	"Y" Veröffentlichung von besonderer Bede- kann nicht als auf erfinderischer Tätigl	utung; die beanspruchte Erfindung
ausge	der die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie - eführt)	werden wann die Veröffentlichung mit	t einer oder mehreren anderen
oine i	entlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht	Veröffentlichungen dieser Kategorie in diese Verbindung für einen Fachmann	nanellegena ist
l "P" Veröffe	entlichung, die vor dem internationalen Anmeidedatum, aber nach beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist	"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselber	n Patentfamilie ist
	Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Re	echerchenberichts
		/ /	
2	21. September 1999	28/09/1999	
Name und	Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter	
1421116 0110	Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2		
İ	NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,	Ramirez Fueyo, M	
	Fax: (+31-70) 340-3016		

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inte tionales Aktenzeichen
PCI/DE 99/01548

	ung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN	don Toile	Betr. Anspruch Nr.
Kategorie ³	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommen	ICHU I ANA	Sett. Anapidul Ni.
A	SCHUELLER O J A ET AL: "FABRICATION OF GLASSY CARBON MICROSTRUCTURES BY PYROLYSIS OF MICROFABIRICATED POLYMERIC PRECURSORS" ADVANCED MATERIALS, Bd. 9, Nr. 6, 1. Mai 1997 (1997-05-01), Seiten 477-480, XP002065239 ISSN: 0935-9648 Abbildungen 3,4D		2,3
4	EP 0 520 407 A (MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD ;LEWINER JACQUES (FR); PERINO DIDER) 30. Dezember 1992 (1992-12-30) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument		9
•			
		·	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichu. 🚬 🐧 die zur selben Patentfamilie gehören

Inter onales Aktenzeichen
PC i / DE 99/01548

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		litglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 4437261	С	19-10-1995	DE EP JP US	59501491 D 0713235 A 8255546 A 5629565 A	02-04-1998 22-05-1996 01-10-1996 13-05-1997
EP 0520407	A	30-12-1992	JP JP JP JP CA DE DE	5002974 A 2761123 B 5002975 A 5002977 A 5002978 A 2072199 A,C 69212726 D 69212726 T 5278368 A	08-01-1993 04-06-1998 08-01-1993 08-01-1993 08-01-1993 25-12-1992 19-09-1996 12-12-1996 11-01-1994